

ARGAMASSA DE CIMENTO PORTLAND E PÓ DE ARDÓSIA

Antonio Ludovico Beraldo (Unicamp, PD)
Flávia de Freitas Vieira (Unicamp, IC)
César Hideo Nagumo (Unicamp, IC)

beraldo@agr.unicamp.br

RESUMO

Os mais variados tipos de resíduos têm sido gerados durante as etapas de processamento de matérias-primas utilizadas na construção civil. Esse é o caso, por exemplo, da ardósia, um material amplamente utilizado na forma de pisos. Durante o acabamento das peças, geralmente cortadas em serras com refrigeração em água, gera-se um material particulado o qual, atualmente não tem encontrado uma aplicação, destinando-se apenas à deposição em aterros, onde contribui para a degradação ambiental. Neste trabalho buscou-se substituir parcialmente o agregado miúdo (areia) da argamassa de cimento por porcentagens variáveis de pó de ardósia. Para tanto, foram efetuados ensaios de caracterização física do agregado alternativo. Posteriormente, corpos-de-prova cilíndricos de argamassa de cimento e areia (1:3 em massa), contemplando vários teores de substituição da areia pelo pó de ardósia, foram avaliados por meio de ensaio não destrutivo (ultra-som) e de compressão simples (NBR 7215). Os resultados evidenciaram a possibilidade de substituir parcialmente a areia (recurso não renovável) pelo pó de ardósia, propiciando um considerável ganho ambiental.

ABSTRACT

Waste generated in process applied to building construction materials produced several residue types. This is the case of the slate, for example, a largely employed material as floor. Finishing slate process, generally produced by saws with water refrigeration, produces a powder material that is actually not employed, and its storage in landfills provoke an environmental degradation. In this research work, it was searched the replacing of a mineral aggregate (sand) in cement mortar by several contents of slate powder waste. Firstly, this alternative aggregate was submitted to a physical characterization. Cylindrical samples of the cement mortar (1:3 in mass), concerning several slate waste amounts, were evaluated by means non- destructive test (NDT by ultrasound) and simple compression (Brazilian standard NBR 7215). The results showed the possibility of the partial sand replacing by this alternative aggregate producing an important environmental advantage.

INTRODUÇÃO

A civilização humana sempre foi marcada por várias idades (da pedra, dos metais etc.) e pode-se afirmar que atualmente caminha-se para uma nova época – a do aproveitamento racional dos recursos naturais e, principalmente, a busca pela valorização dos resíduos gerados durante o processo produtivo de um determinado material. No setor da construção civil verifica-se esse fato no tocante à exploração da areia – um recurso finito e cada vez mais escasso, cujas jazidas encontram-se cada vez mais afastadas dos centros consumidores.

Por outro lado, no processamento de determinadas matérias-primas, como é o caso da ardósia, são gerados grandes volumes dos mais variados resíduos. Dentre eles se destaca o pó de ardósia, gerado na forma de uma lama, resultante do corte de lajes dessa rocha em serras refrigeradas em água.

Misturas à base de cimento Portland quando recebem determinadas adições mostram modificações acentuadas em suas características, principalmente no que se refere à eficiência da hidratação do aglomerante. Segundo BERALDO e VIEIRA (2003) a análise da evolução da velocidade de propagação ao longo do tempo permite detectar efeitos deletérios causados pela presença de matéria-prima incompatível com o cimento, ou de adições que modifiquem acentuadamente a pega e o endurecimento do aglomerante. A magnitude da velocidade de propagação para materiais à base de cimento depende de uma série de fatores, a saber: tipo de cimento, razão entre os constituintes, idade do material, forma de compactação, umidade, geometria do corpo-de-prova, além de características relacionadas ao equipamento de medição e à sua interface com a material a ser medido.

Pesquisas com biomassa vegetal e cimento relataram a adequação do uso de ensaios não destrutivos (END), principalmente por ultra-som (BERALDO, 1999). Os resultados obtidos, traduzidos pela obtenção da velocidade do pulso ultra-sônico (VPU) através dos corpos-de-prova, geralmente são comparados com aqueles obtidos por meio de ensaios clássicos, por exemplo, de compressão simples.

Constituiu o objetivo deste trabalho avaliar a possibilidade de substituir parcialmente a areia normalmente utilizada na construção civil por esse resíduo do corte de lajes de ardósia, e avaliar a compatibilidade desse resíduo com o cimento, por meio do ensaio da curva de hidratação, da VPU e do ensaio de compressão simples.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização dos materiais

a) Cimentos: foram utilizados dois tipos de cimento, o CPV-ARI (NBR 5733) do fabricante Campeão e CPII-E-32 (NBR 11578) do fabricante Votoran.

b) Areia: foi utilizada areia média de módulo de finura igual a 2,47. A classificação foi obtida a partir da NBR 7211, seguindo procedimentos de ensaio da NBR 7217.

c) Pó de ardósia: utilizou-se o resíduo pó de ardósia coletado em uma empresa da cidade de Taubaté - SP, sendo o mesmo resultante da fabricação de material particulado empregado na fabricação de telhas *shield* pela empresa Viapol, situada em Caçapava - SP. Não existindo norma específica para caracterização física deste material, adotou-se a NBR 12127 para determinação da curva granulométrica e cálculo do módulo de finura, obtendo-se para o resíduo valor igual a 2,24.

d) Água: em todas as misturas efetuadas utilizou-se a água fornecida pela rede pública.

Definição dos tratamentos

Foram efetuados catorze tipos de tratamento, sendo sete para cada tipo de cimento, conforme ilustrado na Tabela 1. As substituições de areia pelo pó de ardósia foram nos teores de 5%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50%.

Tabela 1. Tratamentos adotados para a confecção dos corpos-de-prova.

CPV-ARI		CPII-E-32	
T1	Testemunha	T8	Testemunha
T2	Substituição de 5% da areia	T9	Substituição de 5% da areia
T3	Substituição de 10% da areia	T10	Substituição de 10% da areia
T4	Substituição de 20% da areia	T11	Substituição de 20% da areia
T5	Substituição de 30% da areia	T12	Substituição de 30% da areia
T6	Substituição de 40% da areia	T13	Substituição de 40% da areia
T7	Substituição de 50% da areia	T14	Substituição de 50% da areia

Execução dos ensaios

a) Ensaio não destrutivo – Ultra-som: por meio do aparelho de ultra-som Ultrasonic Tester BP-7, com sensores eletroacústicos de seção exponencial, com frequência de ressonância de 45 kHz, foi realizado o acompanhamento das reações de hidratação do cimento nos corpos-de-prova, enquanto se efetuava a cura dos mesmos. As leituras do tempo de propagação (com o qual se calculava a VPU) foram efetuadas diariamente até que ocorresse a estabilização do valor da VPU correspondente aos diferentes tratamentos. Posteriormente, os valores da VPU foram correlacionados com os dados obtidos no ensaio destrutivo.

b) Ensaio destrutivo – Resistência à compressão simples: A confecção dos corpos-de-prova seguiu as orientações da NBR 7215, no tocante à preparação das misturas. O traço adotado para todas as misturas foi de 1:3:0,5 (cimento:areia:água), em massa. As misturas foram feitas mecanicamente com o auxílio de uma argamassadeira de marca Solotest. Foram feitos três corpos-de-prova cilíndricos (5 cm de diâmetro por 10 cm de altura) para cada tipo de tratamento. O período de cura total adotado foi de 14 dias, sendo sete dias de cura úmida e sete dias de cura ao ar. O ensaio foi realizado em uma Máquina de Ensaio Universal (Solotest). Os corpos-de-prova foram ensaiados à compressão simples aos 14 dias, após terem suas bases capeadas com uma mistura de enxofre (75%) e caulim (25%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos materiais: As curvas granulométricas da areia e do pó de ardósia estão representadas na Figura 1.

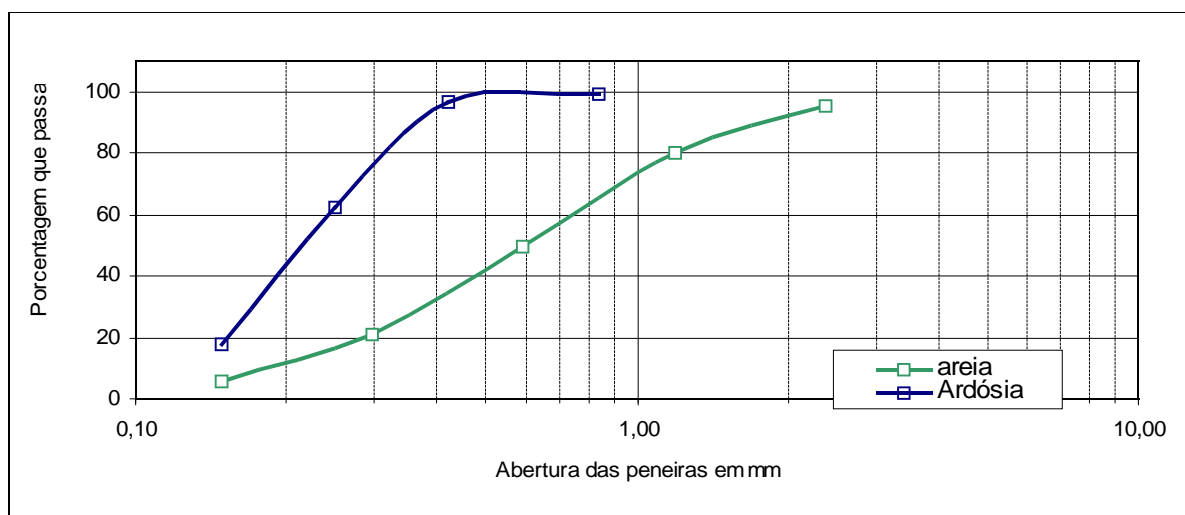


Figura 1. Curva granulométrica da areia e do pó de ardósia.

Velocidade de propagação do pulso ultra-sônico (VPU): a análise das VPU denota claramente a existência de dois tratamentos que produziram efeito diferente em relação às demais substituições: T6 (40%) e T7 (50%), para o cimento ARI (Figura 2); T13 (40%) e T14 (50%), para o cimento CPII (Figura 3). De acordo com essas figuras poder-se-ia substituir até 30% de areia sem que a VPU modificasse em relação ao valor relativo à testemunha (0% de substituição).

Independentemente das proporções empregadas nota-se que a morfologia das distintas curvas de VPU é similar, ou seja, após um crescimento muito rápido nas

idades iniciais, verifica-se a tendência a ocorrer a estabilização da VPU em torno do 7º dia, conforme havia sido relatado por Beraldo (1999) para compósitos de resíduos vegetais e cimento Portland. Os valores máximos observados foram da ordem de 3,5 km/s e 4,0 km/s, para os cimentos CII e ARI, respectivamente. Dessa forma, considerando-se a massa específica aparente média para os tratamentos, da ordem de 1815 kg/m³ e 2150 kg/m³, pode-se estimar as constantes elásticas de 23,8 GPa e 31,8 GPa para os cimentos CII e ARI, respectivamente.

Figura 2. VPU n

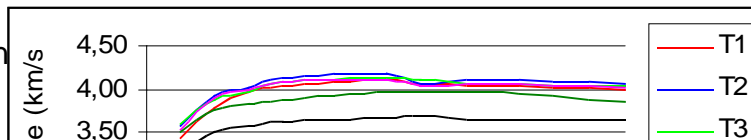
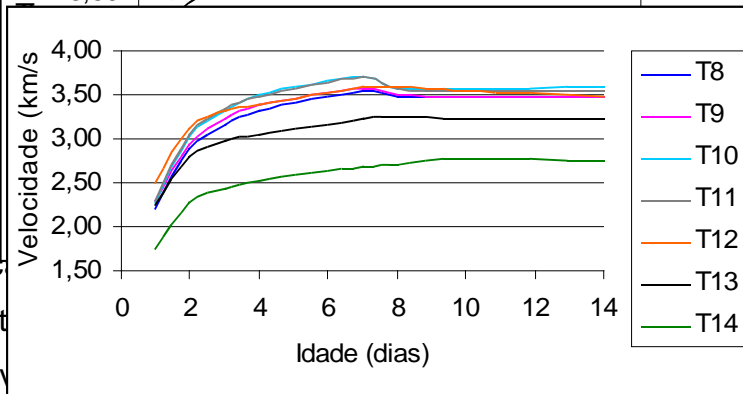


Figura 3. VPU n



Resistência à co

no ensaio de co

melhor adequaç

química desse t

que o faz relativ

resíduo.

Quanto ao teor máximo de substituição de areia pela ardósia novamente encontra-se a faixa de 20% a 30%, denotando ser essa a faixa ótima para utilização.

Figura 4

aos cim

Correlaç

correlaç

CII, re

END p

biomass

adequa

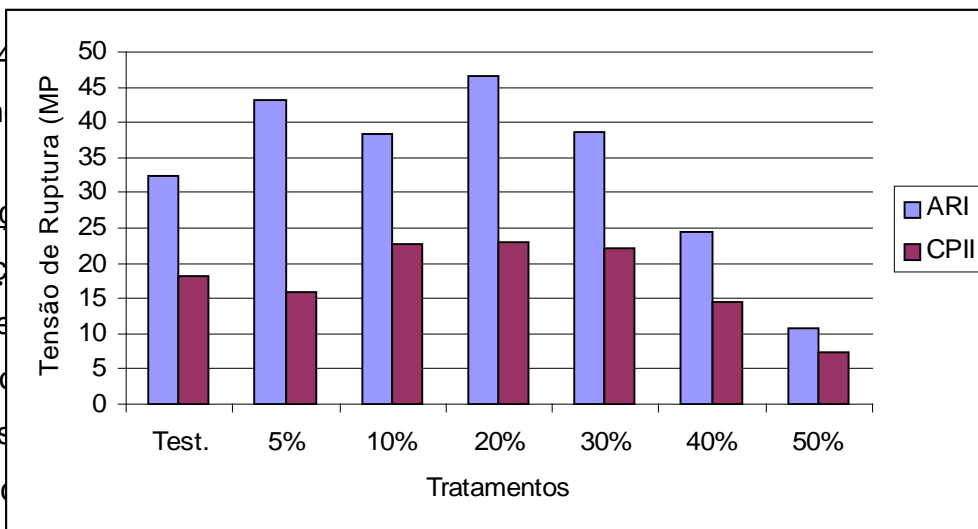
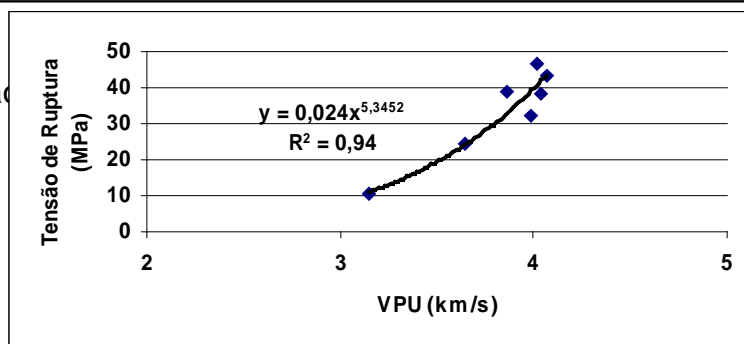


Figura 5. Tensã



resultados obtidos

VPU nota-se a

to à constituição

trato tricálcico, o

as presentes no

resíduo.

Quanto ao teor máximo de substituição de areia pela ardósia novamente encontra-se a faixa de 20% a 30%, denotando ser essa a faixa ótima para utilização.

aplicados

os cim

ntam as

o ARI e

a sobre

ritos de

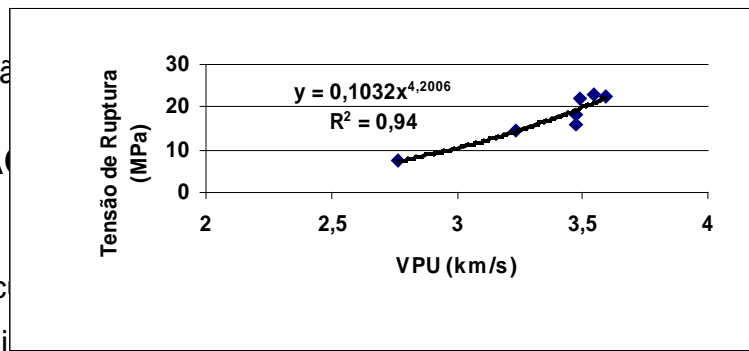
ervar a

mento ARI.

Figura 6. Tensão

CONCLUSÃO

A análise dos
investigados (c
compressão si



mento CPII.

os aos materiais
so ultra-sônico e
e a substituição

parcial da areia em argamassas de cimento Portland por resíduo do processamento de ardósia, na forma de pó. Os resultados obtidos indicam que até 30% pode ser o teor de areia a ser substituída, embora ensaios de durabilidade ainda devam ser aplicados ao material para verificar o seu comportamento perante situações mais críticas de exposição às intempéries.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. Rio de Janeiro
NBR 5733 Cimento Portland de alta resistência inicial, especificação. 1991, 5p.
NBR 7211 Agregados para Concreto, especificação, 1983. 5p.
NBR 7215 Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão, método de ensaio, 1996. 8p.
NBR 7217 Agregados: Determinação da composição granulométrica, método de ensaio, 1987, 3p.
NBR 11578 Cimento Portland composto, especificação, 1991. 8p
NBR 12127 Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas do pó, método de ensaio, 1991.
- BERALDO A. L. **Ultrasonic speed wave: cure type influence on wood-cement composite compression strength**. In: Proceedings of the NDTISS'99 – International Symposium on Non Destructive Testing Contribution to the Infrastructure Safety Systems in the 21st Century, UFSM, Torres, RS, p. 86-90, 1999.
- BERALDO, A. L.; VIEIRA, F. F. **Ensaos não destrutivos (END) aplicados à argamassa com adição de fibras de sisal**. In: Congresso Panamericano de ensaios não destrutivos - PANNDT, 2003, Rio de Janeiro. Anais dos Trabalhos Técnicos. Rio de Janeiro: ABENDE, 2003. v. 1. p. 1-8.
- NEVILLE, A. M. (1923). **Propriedades do concreto**, tradução Salvador E. Giammusso. 2^a. Ed. rev. atual. São Paulo: Pini, 1997.